

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Průzkum trhu přístrojového vybavení
větrných elektráren**

Market Research of Devices Equipment
of Wind Power Plants

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Grégr

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Průzkum trhu přístrojového vybavení větrných elektráren
Market Research of Devices Equipment of Wind Power Plants

Zásady pro vypracování:

1. Konstrukční členění malé elektrárny malého výkonu
2. Varianty provozních režimů větrné elektrárny malých výkonů
3. Ekonomická analýza provozu elektrárny malého výkonu
4. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie. Ostrava : VŠB-TU, 1998, 96 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [2] TAVNER, J., XIANG, J., SPINATO F. Reliability analysis for wind turbines. Durham University, UK 2005.
- [3] RYCHETNÍK, V.; PAVELKA, J.; JANOUŠEK, J. Větrné motory a elektrárny. Praha : ČVUT, 1997 . 199 s. ISBN 80-01-01563-7.
- [4] CHMELÍK, K. Asynchronní a synchronní elektrické stroje. Ostrava : VŠB-TU, 2002. 135 s. ISBN 80-248-0025-X.
- [5] Mišák, S., Chmelík, K.: SMALL POWER GENERATOR FOR WIND POWER PLANTS. In proceedings of Maszyny elektryczne, Ryto:KOMEL, BOBRME, 2009, vol. 2009, čís. 81, 119-125, ISSN 0239-3646

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Poděkování

Velmi děkuji vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Stanislavu Mišákovi, Ph.D. za odborné vedení, metodickou pomoc a jeho velmi cenné rady, podněty a připomínky, kterými mi pomáhal při zpracování bakalářské práce a které mi byly velkým přínosem.

Prohlášení studenta

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace, budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 6. 5. 2011

.....

podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje principy větrných elektráren a aspekty související s jejím provozem.

Úvod práce popisuje vznik a vývoj prvních větrných elektráren ve světě i v ČR, dále uvádí popis a stavbu větrné elektrárny a i různé typy větrných elektráren, pozitivní i negativní vliv na životní prostředí a také důležité podmínky pro provoz a výkon větrné elektrárny jako jsou povětrnostní podmínky a s tím související vhodnost stanoviště. Také uvádí jiné alternativní zdroje energie a možné spojení s větrnou elektrárnou.

Také se zabývá průzkumem trhu větrných elektráren, základním popisem jednotlivých firem, které větrné elektrárny prodávají a nabízejí. Rovněž se zabývá popisem různých druhů a typů větrných elektráren nabízených zmiňovanými firmami.

Závěrem se hodnotí stávající trh, jednotlivé nabízené typy větrných elektráren a jejich výkonnost.

Klíčová slova

Větrná elektrárna, vítr, alternativní zdroje energie, malá větrná elektrárna, investice a návratnost.

Abstrakt

This bachelor work describes the principles of the wind power stations and implication related to their running.

Preliminary theoretic part of the work describes the genesis and evolution of the first wind power stations in the world but also in the Czech Republic. Further is mentioned the description, the structure and various types of the wind power stations, positive and negative environmental impact, important conditions for running and achievement as weather conditions and accompanying convenience of the station. There are also noted the other alternative sources of energy and possible connection with the wind power station.

Next part of this work deals with wind power stations market research and basic description of every company that such a station offers and sales. There are also described the offered types and variety of a wind power stations.

The last part evaluates the current market, offered types and their performance.

Keywords

Wind power station, wind, alternative sources of energy, small wind power station, investment and backflow

Seznam použitých symbolů a zkratek:

CO ₂	oxid uhličitý
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
EN	evropská norma
ERÚ	energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
FV	fotovoltaická elektrárna
GWh	giga watthodina
Hz	hertz
Kč	Koruna česká
Kč/kWh	korun za kilo watthodinu
MWe	megawatt elektrického výkonu
OPEC	Organizace zemí vyvážejících ropu
OZE	obnovitelné zdroje energie
PRE	Pražská energetika a.s.
TUV	teplá užitková voda
USA	Spojené státy americké
V	volt
VTE	větrná elektrárna
W	watt
a.s.	akciová společnost
el. energie	elektrická energie
kW	kilowatt
kWh	kilo watthodina
km	kilometr
km/h	kilometr za hodinu
m	metr
m/s	metr za sekundu
nf	nízkofrekvenční
ot./min	otáčka za minutu
př. n. l.	před naším letopočtem
s.r.o.	společnost s ručením omezeným

Obsah:

1	Úvod.....	8
2	Větrné elektrárny.....	9
2.1	Historie větrných elektráren.....	9
2.2	Popis větrné elektrárny.....	10
2.2.1	Základní části větrných elektráren.....	11
2.2.2	Rozdělení větrných elektráren.....	13
2.2.2.1	Podle koncepce uložení rotoru.....	13
2.2.2.2	Podle aerodynamického principu.....	15
2.2.2.3	Podle výkonu větrných elektráren.....	16
2.3	Regulace výkonu.....	17
2.4	Pozitiva a negativa VTE.....	17
2.5	Malá větrná elektrárna.....	19
2.6	Vítr.....	19
2.6.1	Měření rychlosti větru.....	20
2.7	Vhodné stanoviště pro větrné elektrárny.....	22
2.8	Alternativní zdroje energie.....	22
2.8.1	Solární panely.....	23
2.8.2	Geotermální elektrárny + tepelná čerpadla.....	23
2.8.3	Malé vodní elektrárny.....	23
2.8.4	Biomasa.....	23
2.8.5	Větrná energie.....	24
2.9	Ostrovní systémy.....	24
2.9.1	Hybridní spojení.....	25
3	Firmy zabývající se větrnými elektrárnami.....	27
3.1	Aerplast.....	27
3.2	Taawin.....	28
3.3	BohemiaWind.....	30
3.4	Strojexport Trade Praha, a.s.....	31
4	Investice a návratnost větrné elektrárny.....	33
4.1	Zelený bonus.....	33
4.2	Výkupní cena.....	34
4.3	Zelený bonus versus výkupní cena.....	34
4.4	Změna formy podpory.....	35
4.5	Hodnota výkupní ceny a zeleného bonusu.....	35
4.6	Technicko-ekonomické parametry větrné elektrárny AP12.....	36
5	Závěr.....	41

1 Úvod

Výstavba větrných elektráren představuje jednak efektivní prostředek státy deklarovaného a subvencovaného navyšování produkce energie z obnovitelných zdrojů, ale je také objektem podnikatelského zájmu investorů a potencionálním zdrojem příjmů a rozvojových investic pro zainteresované obce. Větrná energetika využívá nevyčerpatelné kinetické energie větru, která je zcela zadarmo a tudíž nepodléhá inflaci. Snižuje se tak závislost na dovozech energetických surovin. Větrná energetika je maximálně vlídná k životnímu prostředí, což má v současnosti mimořádný význam při ochraně klimatu snižováním produkce skleníkových plynů, zvláště oxidu uhličitého. [2] Výroba elektrické energie větrnými elektrárnami vyvolává minimální negativní vlivy na životní prostředí při porovnání s využíváním neobnovitelných zdrojů. Větrné elektrárny nezatěžují při svém provozu okolní prostředí žádnými odpady. Neprodukují do atmosféry plynné či tuhé emise včetně CO_2 nebo jiných skleníkových plynů. Není nutné ukládat použité palivo nebo popílek, nevyžadují pro svůj provoz vodu, a tudíž ji také neznečišťují a neprodukují odpadní teplo. [5]

Práce je rozdělena do čtyř kapitol, první dvě kapitoly popisují větrné elektrárny, jejich vývoj, popis, základní části, druhy a typy větrných elektráren a také jiné alternativní zdroje energie. Další kapitola popisuje firmy, které vyrábí malé větrné elektrárny. Poslední kapitola popisuje investice a návratnosti vložené do větrné elektrárny.

2 Větrné elektrárny

2.1 Historie větrných elektráren

Historie využívání větrné energie sahá do dávné minulosti. Kresby staré více než 5000 let znázorňují plavidla s plachtou na Nilu, v 17. století př. n. l. babylonský král Hammurabi zamýšlel zavodňovat pomocí větrné energie úrodné roviny Mezopotámie a první zmínky o větrných mlýnech jsou z Persie asi 2200 let staré. V 11. století se větrné mlýny rozšířily na Středním východě a ve 13. století se začaly používat i v Evropě, nejdříve v Itálii, Francii, Španělsku a Portugalsku, později i ve Velké Británii, Holandsku a Německu. Ve 14. století zaujalo vedoucí pozici ve využívání větrných motorů Holandsko za účelem odvodňování mokřin a jezírek v ústí Rýna a začátkem 17. století byl vysušen první polder. K rozvoji ve využívání větrných motorů došlo také při osídlování západních oblastí USA. V polovině 19. století bylo postaveno více než 6 milionů malých mnoholopátkových větrných motorů určených převážně k čerpání vody pro potřebu farmářů a k napájení dobytka, k různým pohonům, a později i k výrobě elektřiny. Malé větrné motory ztratily svůj význam s rozšiřující se elektrizací a s rozvojem malých spalovacích motorů, které byly při nízkých cenách kapalných paliv a pro svoji větší pohotovost výhodnější. Naopak prudký vzestup cen paliv v 70. letech, zvýšená péče o životní prostředí a vědomí omezenosti zdrojů fosilních paliv ovlivnily názor na využívání větrných motorů až do současnosti. [1]

Postavení prvního větrného mlýnu na území České republiky historické prameny vážou k roku 1277, a to v zahradě Strahovského kláštera v Praze. Nejstarší zmínka z území Moravy a Slezska je z roku 1340 z Opavska. V období do 17. století jsou zprávy o větrných mlýnech sporadické. V 18. století, kdy k rozvoji větrného mlynářství vedlo vydání dvorského dekretu o zřizování větrných mlýnů z roku 1784, který sledoval, aby každá obec měla mlýn, byla na Moravě a ve Slezsku registrována existence třiceti větrných mlýnů. [2]

Přímým impulzem pro rozvoj větrné energetiky v Evropě byla energetická krize v roce 1973, vyvolaná embargem zemí OPEC na vývoz ropy do hospodářsky vyspělých států. Pod tlakem prudkého zvýšení světových cen ropy tehdy státy s omezenými vlastními energetickými zdroji klasického typu začaly hledat možnosti využití obnovitelných zdrojů energie, včetně energie větru, v širším měřítku. Průkopníkem rozvoje větrné energetiky v Evropě bylo Dánsko, kde se začaly stavět první větrné elektrárny koncem osmdesátých let minulého století. [2]

Rozkvět větrných elektráren v ČR vyvrcholil v letech 1990 - 1995, poté následovala léta stagnace větrné energetiky. V současné době se větrné elektrárny nacházejí na více než padesáti lokalitách v ČR, pro představu viz obr. 2-1. Jejich nominální výkon se pohybuje od 0,004 až

po 2 MWe. V roce 2006 vyrobily větrné elektrárny na území ČR téměř 50 GWh elektrické energie, nejvíce na severozápadě ČR a na střední Moravě. Na celkové výrobě elektřiny v ČR se větrné elektrárny podílely pouze 0,4 %, což je přibližně třetina průměrného podílu v zemích EU. [3]



obr. 2-1 Umístění VTE v ČR [30]

2.2 Popis větrné elektrárny

Větrné elektrárny jsou zařízení, ve kterých je kinetická energie větru přeměňována na energii elektrickou. V závislosti na průměru rotoru, určujícím plochy opsanou rotujícími listy, se tato zařízení dělí na malé, střední a velké větrné elektrárny. [2]

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie (na podobném principu turbogenerátoru pracuje jak klasická, vodní či jaderná elektrárna). Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly, listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující

regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu. [3]

2.2.1 Základní části větrných elektráren

Gondola

Je „hlava“ větrné elektrárny umístěná na vrcholu stožáru, ve které je uložena celá strojová část větrné elektrárny.

Rotor

Existují čtyři typy rotorů, které se dělí dle osy rotace. V praxi nejpoužívanější je typ vrtule.

Vrtule

Je rychloběžný typ větrného rotoru s horizontální osou rotace. Je tvořena dvěma nebo třemi listy uchycenými na rotoru. Listy jsou vyrobené ze sklolaminátu a jsou zkonstruovány tak, aby jejich optimální tvar umožňoval efektivní přenášení síly větru na rotor s největší dosažitelnou účinností 40 % až 45 %. Průměr listů rotoru se pohybuje od 25 m do 150 m. Vrtule se používají jednolisté, dvoulisté a nejčastěji třílisté.

Převodovka

Slouží k přizpůsobení rychlosti otáček potřebám elektrického generátoru. V současnosti se používají speciální několikasupňové převodovky, na jejichž těleso je obvykle připojena brzda. Z důvodů velké životnosti, nízké hlučnosti a vysoké těsnosti jsou požadavky na kvalitu převodových ústrojí velmi vysoké.

Generátor

Slouží k přeměně mechanické energie větru na elektrickou energii. Obvykle se používají třífázové generátory s frekvencí 50 Hz a s napětím 700 V. Další používané typy generátorů jsou:

- *Stejnoseměrné generátory*, které jsou vhodné pro malé větrné elektrárny pro dobíjení akumulátorů.
- *Synchronní generátory (alternátory)*, které jsou vhodné pro střední a velké větrné elektrárny. Jejich výhodou je velká účinnost a schopnost pracovat s velkým rozsahem rychlosti větru. Používají se jako záložní zdroje elektrické energie v případě přerušení dodávky elektrické energie z rozvodné sítě.

- *Asynchronní generátory*, které jsou vhodné pro střední a velké větrné elektrárny, mají oproti synchronním generátorům levnější konstrukci a velmi snadné připojení k síti, kdy nevyžadují složitý připojovací systém. Ten pouze hlídá otáčky a rozhoduje o okamžiku připojení k síti.

Pomocná zařízení

Ovládací a kontrolní systém (řídící elektronika), který lze rozdělit na:

- *Část technickou*, tvořenou řídícím počítačem a ovládacími prvky na řídícím panelu.
- *Část programovou*, což je speciálně vyvinutý balík programů, určený ke sledování a ovládání jednotlivých částí větrné elektrárny a režimů jejich činnosti.

Na řídícím panelu lze snadno sledovat i údaje ze soustavy čidel umístěných na jednotlivých částech větrné elektrárny. Ovládací a kontrolní systém kontroluje údaje o chodu celého zařízení a chrání jej před poškozením.

Systém natáčení strojovny větrné elektrárny do směru větru slouží k dosažení co největšího výkonu. K zajištění správné orientace rotoru vzhledem ke směru větru se standardně zajišťuje:

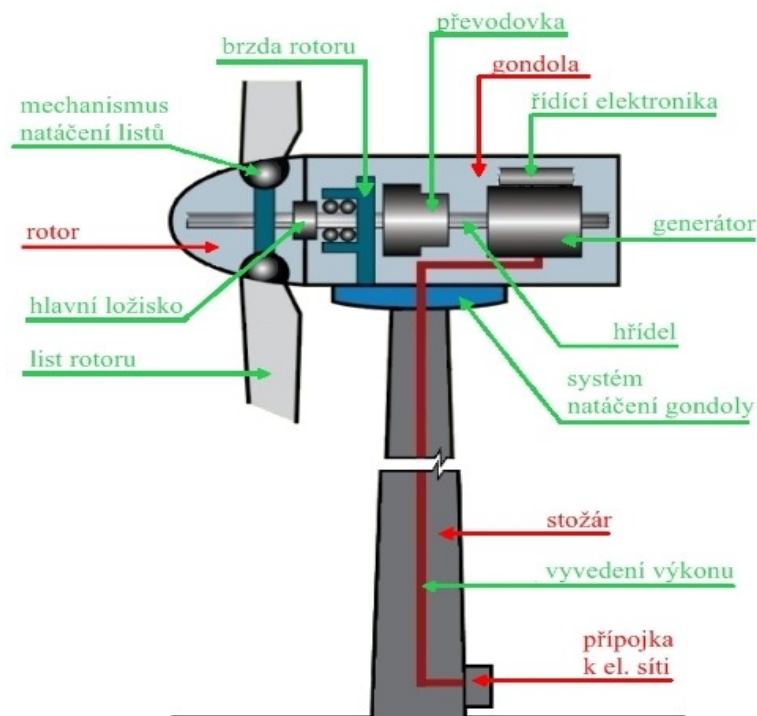
- Umístěním rotoru na závětrné straně gondoly.
- Ocasní plocha jako kormidlo.
- Boční pomocné rotory.
- Systém natáčení gondoly pomocí elektromotorů.

Konstrukce

Pro dosažení co největší pevnosti a nejmenšího odporu jsou konstruovány tzv. stožáry tubusové, které jsou vyrobené z oceli nebo betonu. Dále jsou nabízeny i tzv. příhradové stožáry, u kterých je ale nutné vybudovat speciální přístrojovou skříňku. U menších elektráren se můžeme setkat jen s trubkou ukotvenou lany.

S konstrukcí stožáru úzce souvisí také velikost a tvar základů pro větrnou elektrárnu. Obecně lze říci, že u větších typů se používají speciálně tvarované základy tak, aby byla minimalizována velikost základů při zachování normou předepsané bezpečnosti. Ocelová konstrukce se k základu obvykle připevňuje systémem kotvících šroubů. [21]

Základní části větrné elektrárny viz. obr. 2-2.



obr. 2-2 Základní části VTE [24]

2.2.2 Rozdělení větrných elektráren

2.2.2.1 Podle koncepce uložení rotoru

A) Větrná turbína s vertikální osou otáčení (viz obr. 2-3)

Zařízení je hybridní systém větrné turbíny se svislou osou rotace, který kombinuje odporový a vztlačový princip větrné turbíny pro dosažení maximálního výkonu při malých rychlostech větru. Turbína je pro maximalizaci výstupního výkonu tvořena Savoniovým a Darrierovým rotorem, oba rotory jsou umístěny na společné hřídeli. Díky kombinaci těchto dvou typů rotoru lze provozovat elektrárnu v široké oblasti rychlosti větru a to od 3 m/s do 45 m/s s vysokou účinností. Tato konstrukce rotoru si nevynucuje natáčet lopatky dle směru větru, což snižuje náročnost na její údržbu. Elektrárny se svislou osou otáčení se ale v praxi příliš neuplatnily, neboť u nich dochází k mnohem vyššímu dynamickému namáhání, které značně snižují jejich životnost. Další nevýhodou je malá výška rotoru nad terénem, tj. i menší rychlost větru.

- Savoniův rotor

Tento rotor se skládá ze dvou vodorovných kruhových kotoučů, mezi něž jsou svisle postaveny dvě lopatky. Tyto lopatky jsou uprostřed vzájemně přesazeny do protisměru, takže část větru je ze zadní strany momentálně pasivní lopatky směřována na přední stranu aktivní lopatky. Lopatky rotoru jsou koncipovány tak, aby výsledný moment působil levotočivý pohyb turbíny. Turbína obsahuje dvoustupňový Savoniův rotor, kde jednotlivé stupně rotoru jsou vzájemně pootočené o devadesát stupňů. Koncepte Savoniiova rotoru jsou zobrazeny na obr. 2-5.

- Darrierův rotor

Tento rotor se skládá ze tří aerodynamicky tvarovaných listů, které kolují kolem vertikální osy. Listy jsou tvarovány tak, aby jejich namáhání odstředivými silami bylo co nejmenší. Tento typ rotoru není třeba natáčet do směru rychlosti větru. Koncepte lopatek jsou uvedeny na obr. 2-6. [22]



obr. 2-3 Větrná turbína s vertikální osou otáčení [23]

B) Větrná turbína s horizontální osou otáčení (viz obr. 2-4)

Je nejrozšířenějším typem větrné elektrárny. Pracuje na vztakovém principu, kde vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli. Na podobném principu pracovaly již historické větrné mlýny nebo tak pracují větrná kola vodních čerpadel (tzv. americký větrný motor). Po experimentech s jedno, dvou i čtyřlístými rotory již všechny velké moderní elektrárny používají třílísté rotory. Viz obr. 2-4. [23, 24]

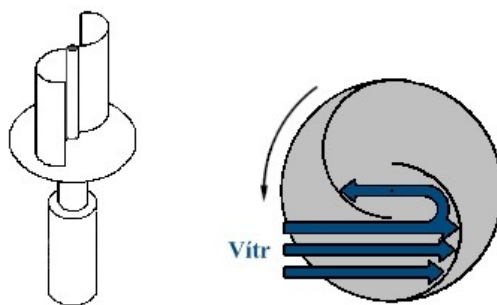


obr. 2-4 Větrná turbína s horizontální osou otáčení [23]

2.2.2.2 Podle aerodynamického principu

A) Odporový princip

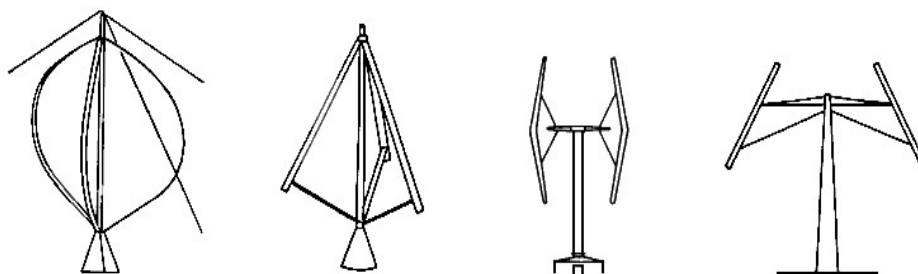
Větrné motory pracující na odporovém principu patří mezi nejstarší typy. Podstatou těchto motorů je skutečnost, že plocha nastavená proti větru mu vytváří aerodynamický odpor. Tím se na této ploše vytváří síla, která se mechanicky přeměňuje na jiný, obvykle rotační pohyb. Typickým příkladem větrných motorů, pracujících na odporovém principu, je mističkový anemometr, po jehož obvodu jsou rovnoměrně umístěny mističky (3 nebo 4) ve tvaru polokoule. Mistička, orientovaná svou dutinou proti směru proudění větru mu klade podstatně větší odpor (asi 3,5 krát), než mistička nastavená proti větru svou vypuklou částí. Tímto způsobem vzniká moment sil, který uvádí rotor motoru do otáčivého pohybu úhlovou rychlostí. Na podobném principu je založen Savoniův větrný motor, u něhož jsou polokulové mističky nahrazeny dvěma poloválcovými plochami.



obr. 2-5 Savoniův rotor [33]

B) Vztlakový princip

Výhodou elektráren se svislou osou pracujících na vztlakovém principu je, že mohou dosahovat vyšší rychlosti otáčení a tím i vyšší účinnosti. Přitom není třeba natáčet lopatky do směru převládajícího směru větru. Podstatně vyšší účinnosti (až 45 %) lze dosáhnout u větrných motorů pracujících na vztlakovém principu, ke kterým patří zejména vrtulové motory, motory typu Darrierus s vertikální osou a několika listy rozmístěnými po obvodu. Profil listu musí být na rotoru motoru umístěn tak, aby byl proti větru otočen svou spodní stranou. Při správném nastavení je list vrtule obtékán proudem vzduchu takovým způsobem, že nad horní stranou profilu dochází ke zhušťování proudnic a v důsledku toho vzrůstá rychlost proudění vzduchu. Naopak na spodní straně profilu jsou proudnice od sebe více rozestoupeny a klesá rychlost proudění vzduchu. [5]



obr. 2-6 Darrierův rotor [33]

2.2.2.3 Podle výkonu větrných elektráren

A) Malé větrné elektrárny

Za malé větrné elektrárny se považují turbíny s nominálním výkonem menším než 60 kW a s průměrem vrtulí do 16 m. Nejvýznamnější kategorií jsou elektrárny do 10 kW, které lze dále rozdělit na:

- Mikroelektrárny, s výkonem zhruba do 2,5 kW a průměrem vrtulí od 0,5 m do 3 m, což jsou zařízení na výrobu stejnosměrného proudu při napětí 12 V nebo 24 V, které jsou výhradně určeny pro dobíjení baterií. Takto nahromaděná energie může sloužit k osvětlení, k napájení komunikačních systémů, rádiových a televizních přijímačů a dalších elektrických spotřebičů.
- Elektrárny s nominálním výkonem v rozsahu 2,5 kW až 10 kW a průměrem vrtulí od 3 m do 8 m. Jedná se o zařízení mající vstupní napětí 48 V až 220 V a jsou určena pro vytápění domů, pro ohřev vody, případně pro pohon motorů. [8]

B) Střední větrné elektrárny

Za střední větrné elektrárny se považují turbíny s nominálním výkonem v rozsahu 60 kW až 750 kW a s průměrem vrtulí od 16 m do 45 m.

C) Velké větrné elektrárny

Za velké větrné elektrárny jsou považovány turbíny s nominálním výkonem v rozsahu 750 kW až 6400 kW a s průměrem vrtulí od 45 m do 128 m. Elektrárny velkých výkonů (300 kW až 3000 kW) jsou určeny k dodávce energie do veřejné rozvodné sítě. [18]

2.3 Regulace výkonu

- Regulace Stall (pasivní) – rotor elektrárny má pevné listy a pro regulaci využívá odtržení proudnice vzduchu od listu rotoru při určité rychlosti větru. Po odtržení dojde ke snížení výkonu. Výhodami jsou o něco vyšší výroba elektrické energie při vyšších rychlostech větru s větrnými nárazy a nižší pořizovací náklady.

V současné době se používá i aktivní varianta regulace typu Stall, která spočívá v mírném pomalém aktivním natáčení listů v závislosti na okamžitých klimatických podmínkách, například hustotě vzduchu.

- Regulace Pitch (aktivní) – využívá natáčení celého listu rotoru podle okamžité rychlosti větru tak, aby byl celkový náběh větrného proudu v daném okamžiku optimální (dosažení nejvyšší výroby). Výhodou je vyšší výroba elektrické energie zejména při nižších rychlostech větru, kdy se optimalizace projeví nejvíce. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. [13]

2.4 Pozitiva a negativa VTE

Obecné argumenty **pro** výstavbu větrných elektráren:

- „Zelená“ energie vyráběná z obnovitelného a prakticky nevyčerpatelného zdroje.
- Nevznikají žádné škodlivé emise.
- Jsou výhodné a ziskové pro majitele pozemků a obce.
- Nezatěžuje okolí odpady.
- K provozu nepotřebuje vodu a tudíž ji neznečišťuje.
- Neprodukuje odpadní teplo.

- Údržba zařízení větrných elektráren je minimální.
- Nároky na plochu staveniště jsou minimální.
- Vytváří nová pracovní místa.
- Ekonomická výhodnost – Energetická návratnost elektrárny se podle typu stroje a větrného potenciálu místa pohybuje od tří do šesti měsíců.
- Lze je kdykoliv demontovat. [5, 7, 8, 9]

Obecné argumenty **proti** výstavbě větrných elektráren:

- Hluk – zdroj hluku větrné elektrárny může být buď mechanický (převodovka, generátor, pohon natáčení, ventilátory chlazení, pomocné pohony) – tyto zvuky jsou přirozeně tónové, mohou se šířit vzduchem i konstrukcí. Dále je to zvuk aerodynamický (nf hluk, hluk vstupní turbulence, hluk profilu křídla). Tento hluk je důsledkem výškového profilu rychlosti větru, snížení rychlosti větru za stožárem či za jinými větrnými elektrárnami. Tento hluk vzniká interakcí proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a uvolňováním vzdušných vírů za hranou listů, je snižován modernější konstrukcí listů vrtule nebo variantností typů rotorů.
 - Narušení krajinného rázu – stavba větrné elektrárny představuje dominantní stavbu v krajině, která může působit odpudivě.
 - Rušení zvíře a nebezpečí pro ptáky – negativní efekt byl pro řadu dotčených druhů ptáků prokázán ve vzdálenosti okolo 300 m pro druhy hnízdící a 800 m pro druhy proletující nebo zimující. Doporučovaná ochranná vzdálenost je 1,5 – 3 km.
 - Vlivy na obyvatelstvo - spočívají především v předpokládaném vlivu hluku z provozu větrných elektráren, dále z negativního vnímání zásahů do krajinného rázu výstavbou vysokých věží s otáčejícími se vrtulemi.
 - Diskoeffekt (Stroboskopický efekt) - je vyvolaný sluncem svítícím skrze otáčející se rotor elektrárny, čímž vznikají stíny, míhající se v pravidelných intervalech krajinou. Výrobci ale začali používat matné barvy listů rotoru a stížnosti na tento efekt ustaly.
 - Námraza na lopatkách - nepříznivé jevy mohou vznikat v zimě, kdy odlétají kusy ledu.
 - Rušení rozhlasu a televize – toto mohou způsobovat větrné elektrárny, stejně jako velké budovy, které ruší přenos elektromagnetických vln. Významný vliv má materiál, z něhož jsou vyrobeny listy rotoru. Kovové listy způsobují největší rušení příjmu televize a rozhlasu. Rotorové listy ze skelných vláken nebo dřeva způsobují jen velmi malé rušení příjmu.
- Rušení vzniká, pokud se větrná elektrárna nachází na spojové linii mezi televizním vysílačem a příjemcem signálu. Menší rušení vzniká odrazem přímého televizního signálu od větrné elektrárny.

- Nestabilita větrné energie – větrné elektrárny jsou závislé na povětrnostních podmínkách a energie se vyrábí jen pokud fouká vítr. Rychlost větru přirozeně kolísá.
- Turistický ruch – někteří turisté vnímají přítomnost větrných elektráren pozitivně, ale stejně tak jsou i negativní reakce na stavby větrných elektráren.
- Vliv na radary a letecké koridory – omezením pro větrné elektrárny jsou vojenské radary a letecké koridory. Ochranné pásmo je 30 km, uvnitř ochranného pásma je zakázáno (až na výjimky) větrné elektrárny stavět. [2, 5, 7, 8, 9, 10]

2.5 Malá větrná elektrárna

Vyžívání malých větrných agregátů je již finančně dostupnější i technicky snáze řešitelnější. Elektrárna jmenovitého výkonu 1200 W se začne rozbíhat při rychlosti větru 3 až 4 m/s, svého jmenovitého elektrického výkonu dosáhne při rychlosti větru 10 m/s. Při instalaci ve vhodné lokalitě (průměrná rychlost větru 4 m/s) lze předpokládat výrobu cca 2000 kWh ročně.

Malé větrné elektrárny se nacházejí v dnešní době podobně jako fotovoltaické elektrárny uplatnění převážně tam, kde by bylo náročné přivést rozvodovou síť. Malé větrné elektrárny mohou dle generátoru produkovat stejnosměrný i střídavý proud. [6]

Za malé větrné elektrárny se považují turbíny s nominálním výkonem menším než 60 kW a s průměrem vrtulí do 16 m. Nejvýznamnější kategorií jsou malé větrné elektrárny s nominálním výkonem do 10 kW, tyto lze dále rozdělit do dvou skupin:

- Mikro zdroje s výkonem zhruba do 2 až 2,5 kW, s průměrem vrtulí od 0,5 do 3m, které jsou výhradně určeny k dobíjení baterií.
- Zdroje s nominálním výkonem v rozsahu 2,5 až 10 kW, s průměrem vrtulí od 3 do 8 m. Tato zařízení mívají obvykle výstupní napětí 48 až 220 V jsou určena pro vytápění a temperování domů, pro ohřev vody, případně pro pohon motorů. [5]

2.6 Vítr

Vítr je pohyb vzduchu způsobený rozdíly atmosferického tlaku, které jsou samy důsledkem různých teplot a jim odpovídajících různých hustot vzduchu. Proudění vzduchu z míst vyššího tlaku vzduchu do míst nižšího tlaku vzduchu a tím i rychlosti větru závisející na velikosti tohoto rozdílu. [1]

2.6.1 Měření rychlosti větru

Pro měření rychlosti větru se nejčastěji používá miskový anemometr (obr. 2-7). Obvykle je to trojramenný rotor s půlkulovými miskami, který se otáčí na svislé hřídeli. V dolní části bývá s hřídelí spojen permanentní magnet jako rotor dynama. Napětí vyráběného elektrického proudu ve statorovém vinutí závisí na rychlosti větru a měří se galvanometrem. U jiných anemometrů se počítají otáčky kříže s miskami a tento údaj se opět převádí na napětí. Miskový anemometr začíná ukazovat od rychlosti 1 až 2 m/s. [1]



obr. 2-7 Ruční miskový anemometr [34]

Stupnice pro odhad síly (rychlosti) větru bez užití přístrojů, tj. podle účinku větru na různé objekty. Udává se ve stupních Beauforta (viz tab. 2-1).

Beaufortovu stupnici sestavil v letech 1805-1808 britský kontraadmirál sir Francis Beaufort (1774 - 1857). Beaufortova stupnice umožňuje odhad síly (rychlosti) větru podle vlnění mořské hladiny. Stupnice je praktická, nevyžaduje použití přístrojů. Slovní označení síly větru se používá také v meteorologii. [20]

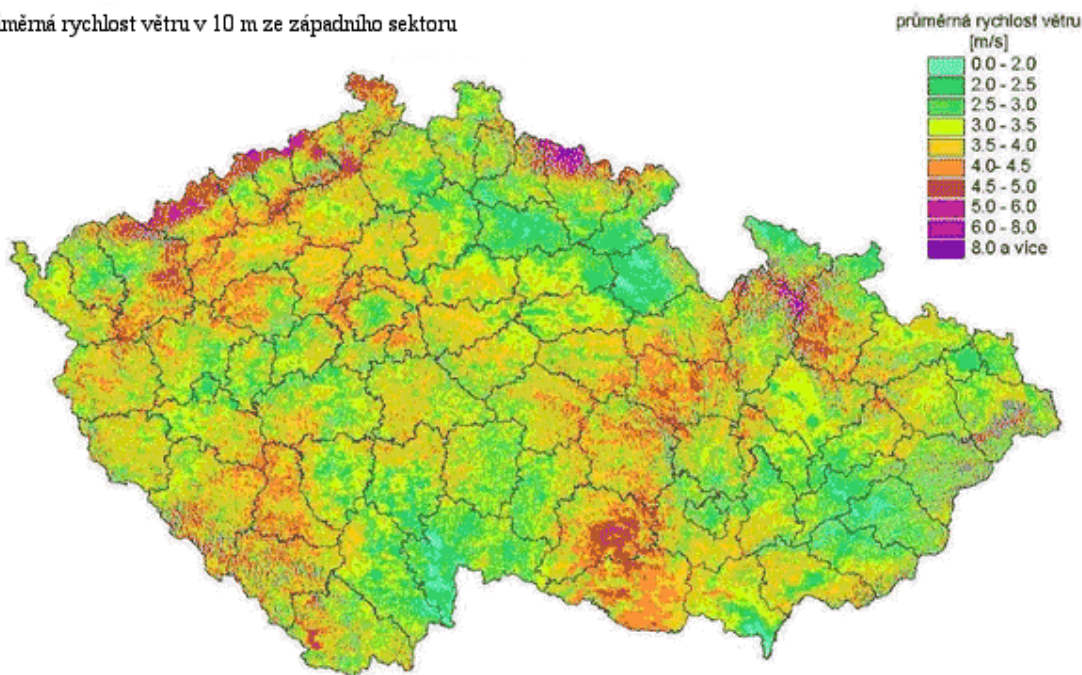
Stupeň	Vítr	Rychlost		Na souši
		m/s	km/h	
0	bezvětří	< 0,5	< 1	kouř stoupá kolmo vzhůru
1	vánek	~ 1,25	1 – 5	směr větru poznatelný podle pohybu kouře
2	větřík	~ 3	6 – 11	listí stromů šelestí
3	slabý vítr	~ 5	12 – 19	listy stromů a větvičky v trvalém pohybu
4	mírný vítr	~ 7	20 – 28	zdvihá prach a útržky papíru
5	čerstvý vítr	~ 9,5	29 – 39	listnaté keře se začínají hýbat
6	silný vítr	~ 12	40 – 49	telegrafní dráty sviští, používání deštníků je nesnadné
7	mírný vichr	~ 14,5	50 – 61	chůze proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují
8	čerstvý vichr	~ 17,5	62 – 74	ulamují se větve, chůze proti větru je normálně nemožná
9	silný vichr	~ 21	75 – 88	vítr strhává komíny, tašky a břidlice se střech
10	plný vichr	~ 24,5	89 – 102	vyvrací stromy, působí škody na obydlích
11	vichřice	~ 29	103 – 114	působí rozsáhlá pustošení
12-17	orkán	> 30	> 117	ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými hmotami)

tab. 2-1 Stupnice síly větru podle Beauforta [20]

2.7 Vhodné stanoviště pro větrné elektrárny

Výběr správného stanoviště pro postavení větrné elektrárny je velmi důležitý, neboť proudění větru na rotor by nemělo být rušeno stromy nebo budovami. Pro výpočet energetického zisku je v rámci plánování příslušného zařízení v mnoha případech zajímavé vědět, s jakou průměrnou roční rychlostí větru lze v dané lokalitě počítat. Příslušná měření provádí meteorologické stanice již celou řadu let. Výsledky jsou sestaveny do zónové mapy větrů (viz obr. 2-8). Udává však jenom zhruba očekávanou průměrnou roční sílu větru ve výšce 10 m nad zemí. Přesnější místní údaje lze získat u nejbližše položené meteorologické stanice (nebo na letišti), popřípadě kontaktovat nejbližší Český hydrometeorologický ústav (ČHMU). [4]

Průměrná rychlost větru v 10 m ze západního sektoru



obr. 2-8 Průměrná rychlost větru v ČR [31]

2.8 Alternativní zdroje energie

Česká republika obecně není příliš vhodná pro výstavbu všech typů zdrojů výroby z obnovitelných zdrojů energie a jejich využití je ve velké míře závislé na vysokých pořizovacích nákladech. Následující tabulka charakterizuje obecně známé vlastnosti těchto zdrojů a zhodnocení využitelnosti v rámci obnovitelných zdrojů. Všechny uvedené technologie výroby energie potřebují k nepřetržitému provozu buď pravidelný přísun surovin, nebo vhodné

technologické podmínky a dostatečnou údržbu zařízení. Pokud tyto podmínky nejsou splněny je nutné všechny tyto zdroje zálohovat.

2.8.1 Solární panely

Výhody - neprodukuje emise do ovzduší, produkce elektrické i tepelné energie.

Nevýhody - příliš málo slunečných dnů a nižší intenzita sluneční energie na území ČR, z čehož vyplývá nižší využitelnost zdroje, příliš vysoké pořizovací náklady a v současné době pouze malé lokální využití.

2.8.2 Geotermální elektrárny + tepelná čerpadla

Výhody - neprodukuje emise do ovzduší, stálost zdroje = vysoká využitelnost zdroje.

Nevýhody - pro ekonomické využití je potřebný dostatečný geotermální potenciál, využívá se pouze lokálně pro menší až střední spotřebitele (školy, nemocnice, menší sídliště atd.), vyšší využití pro výrobu tepelné energie (tepelná čerpadla).

2.8.3 Malé vodní elektrárny

Výhody - neprodukuje emise do ovzduší, malé až střední, spíše lokální využití.

Nevýhody - jsou nutné vhodné vodohospodářské podmínky – dostatečný průtok, existence náhonu nebo převýšení na vodním díle – jezu, z toho vyplývá kolísající využitelnost zdroje.

2.8.4 Biomasa

Výhody – malé až střední využití (záleží na instalovaném výkonu zařízení), produkce elektrické i tepelné energie, při dostatečném přísunu surovin vysoká využitelnost zdroje.

Nevýhody – technologie výroby požaduje přísun další suroviny kromě biomasy (uhlí, zemní plyn), pro zlepšení procesu spalování a k aktivaci procesu hoření; nutnost dostatečného přísunu biologicky vhodného materiálu a s tím souvisí vznik druhotných emisí do ovzduší, způsobený při zpracování a transportu biologického materiálu, ekonomické využití tohoto

technologického zdroje je převážně v oblastech, kde se zpracovává dřevní hmota, eventuálně v územích s půdou o nižší bonitní hodnotě, která by se mohla vyčlenit pro pěstování vhodné vegetace; jako nejvíce negativní vliv je prezentován únik emisí do ovzduší a to ne pouze CO₂ a vodní páry, jak se velká většina lidí domnívá, ale i aromatických sloučenin uhlovodíků a tuhých znečišťujících látek.

2.8.5 Větrná energie

Výhody - zařazení mezi střední a velké zdroje výroby elektřiny z OZE (podle instalovaného výkonu větrné farmy), vzhledem k rozsahu staveb a produkci elektrické energie má minimální zábor půdy, neprodukuje emise do ovzduší, nevyžaduje přísun dalších surovin = nezatěžuje životní prostředí.

Nevýhody - dle instalovaného výkonu a s tím související výšky stožáru je nutnost výběru vhodné lokality s vysokým větrným potenciálem >5 m/s z toho vyplývá malé (omezené) využití; dle umístění v krajině je možný negativní dopad na krajinný ráz a ornitofaunu, která při ztížených meteorologických podmínkách může mít problém vyhnout se otáčejícím se listům rotoru; pro splnění hygienických limitů pro hluk je nutné lokalizovat větrné farmy v dostatečné vzdálenosti od obytné zástavby; využitelnost je spíše menší a je závislá na umístění VTE, u současných nejmodernějších typů elektráren se počítá 25 – 30 % pro oblast ČR, relativní náročnost stavby v transportu modulů větrné elektrárny. [11]

2.9 Ostrovní systémy

Ostrovní systém (tzv. Off-grid) je systém fungující samostatně bez vnější elektrické sítě. Je vhodný tam, kde s připojením k rozvodné síti nepočítáte, tedy například u samostatně umístěných chat či chalup nebo obytných lodí. Nutností je zapojení baterie, která „skladuje“ elektrickou energii na dobu bez slunečního svitu (FV elektrárny) či bez větru (větrné elektrárny) (viz obr. 2-9).

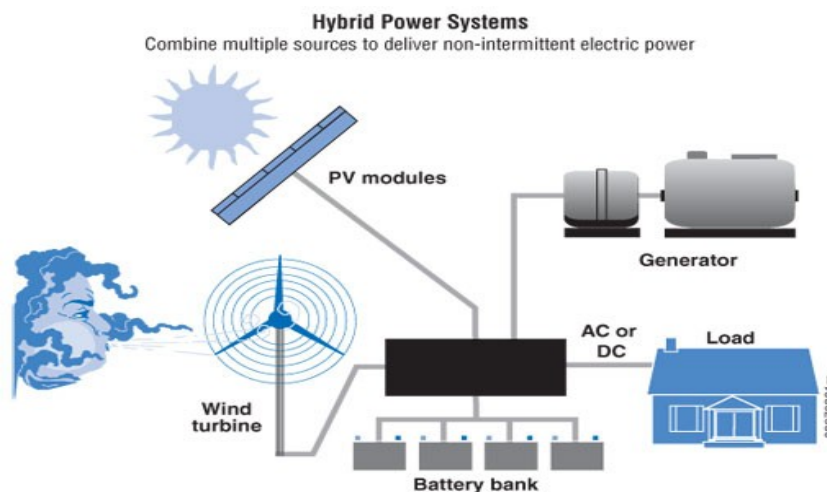
Skladba ostrovního systému:

- zdroj el. energie (FV panely, větrná turbína,...)
- regulátor dobíjení akumulátorů (charger)
- certifikovaných elektroměru (pro vyúčtování na ČEZ / EON / PRE)
- akumulátor (v 95 % případech olověný)

- střídač = měnič (pro připojení běžných síťových spotřebičů 230 V/~50 Hz) [12]

Použití:

- jako záložní zdroj napájení při výpadku sítě
- střídavé napájení síť/vlastní zdroj
- v místech bez možnosti napájení z el. sítě. [36]



obr. 2-9 Ostrovní systém s akumulací energie [35]

2.9.1 Hybridní spojení

Vítr a slunce jsou střídavé zdroje energie, které se navzájem dobře doplňují a jsou nutné především všude tam, kde je požadován trvalý provoz různých zařízení jako např. v telekomunikaci ap. Slunce často svítí během období s nízkými rychlostmi větru a naopak. Tam, kde je požadováno trvalé připojení většího příkonu, je možné celý systém zálohovat ještě malým motoragregátem.

Využití hybridních spojení redukuje také nákladné pořízení akumulátorů. Spojením větrné elektrárny pro ohřev vody a solárních kolektorů nebo tepelného čerpadla vznikne systém zvyšující účinnost celé soustavy a navzájem se doplňuje (viz obr. 2-10). Stále však platí, že se jedná o lokalitu, kde jsou vhodné větrné podmínky pro taková řešení. Malá větrná elektrárna může v tomto případě také dobíjet záložní zdroj energie (akumulátor), nebo při ohřátí vody na maximální teplotu může být přepnuta do sítě domovního rozvodu apod. [14]

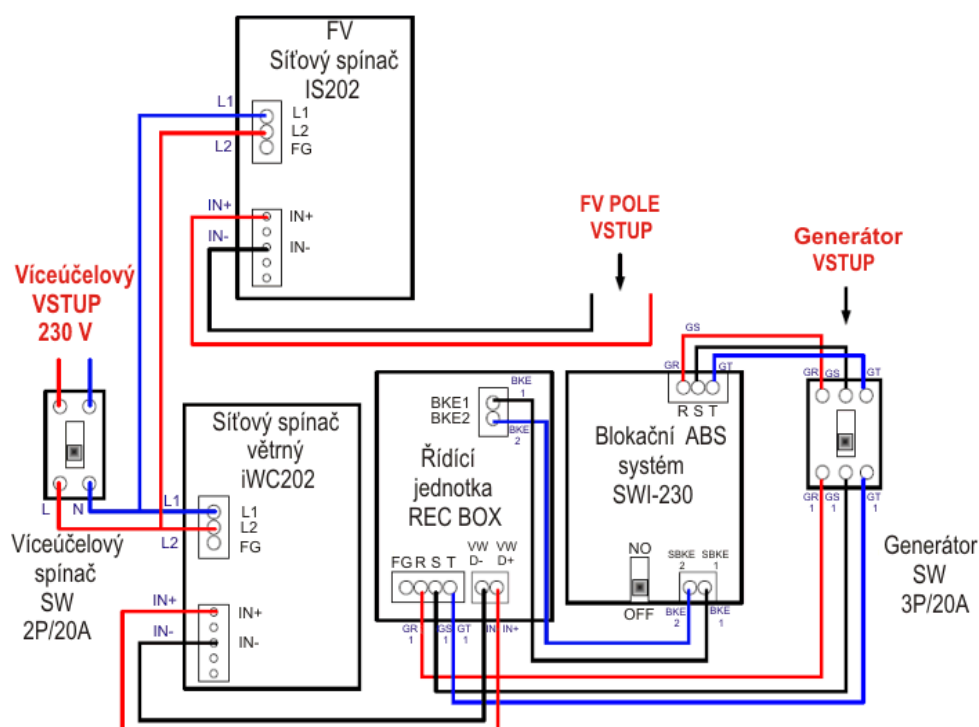
Je také vhodné volit odpovídající spotřebiče, které fungují na stejnosměrný proud. V současnosti je možné na stejnosměrný proud provozovat televize, rádia, ledničky i vodní

čerpadla. Stejnosměrný proud je možné pomocí napětového měniče přetransformovat na proud střídavý, nicméně měnič znamená obvykle nemalou investici, takže je zvláště u menších instalací výhodnější využívat spotřebiče na stejnosměrný proud. Neméně důležitá je také spotřeba energie, čím menší je spotřeba, tím menší budou požadavky na akumulátory a výkon větrných elektráren a tím bude také celá instalace levnější, spotřebiče by tedy měly být voleny s ohledem na úspornost. [16]

Schéma zapojení hybridního ostrovního systému (viz obr. 2-11).



obr. 2-10 Hybridní spojení větrné a fotovoltaické elektrárny



obr. 2-11 Schéma zapojení: Hybridní - ostrovní systém [14]

3 Firmy zabývající se větrnými elektrárnami

3.1 Aerplast

Firma AERPLAST má patnáctiletou zkušenost ve vývoji a výrobě malých větrných elektráren. Je výrobcem a dodavatelem malých větrných elektráren a hybridních ostrovních zdrojů pro ohřev vody i dodávky elektrické energie do veřejné sítě. Navrhuje a vyrábí větrné elektrárny pro českou vědeckou stanici v Antarktidě. Spolupracuje na vývoji patrových střešních elektráren s firmou Colinet – Belgie. Vyrábí VTE pro vědeckou stanici v Kyrgistánu. Další její větrné elektrárny pracují např. v Německu, Švýcarsku, Rakousku, Irsku, Kanadě, Zambii, Japonsku, Antarktidě, Slovensku, atd.

Produkt:

Větrná elektrárna AP12 (viz obr.3-1)



obr. 3-1 Větrná elektrárna AP12 [14]

Jmenovitý výkon: 12 kW

Jmen. rychlost větru: 12 m/s

Rozběhová rychlost: 3 m/s

Max. rychlost větru: 50 m/s

Průměr rotoru: 8,1 m
Materiál rotoru: GRP
Max. otáčky rotor: 180 ot/min
Generátor multipole: PMG`s
Bez převodů
Výstupní napětí: 230 V
Systém ochrany: vytočení
Řídicí systém Siemens, Mitsubishi
Hmotnost: 380 kg
[14]

3.2 Taawin

Firmu TAAWIN s.r.o Brno založil v roce 1995 nositel technologie, vývojový pracovník, ředitel a manager v jedné osobě, pan Jan Touš. Od roku 1989 podnikal v oboru výstavba a servis malých větrných elektráren jako fyzická osoba.

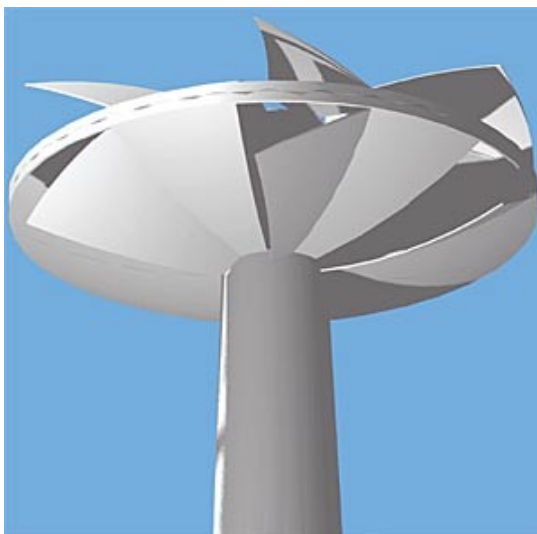
Stroje jsou vybaveny většinou planetovými převodovkami, brzdovým systémem, řídicí elektronikou, automatikou systému proporcionálního řízení vstupní výkon – výstupní výkon, různými přídatnými zařízeními dle požadavku zákazníka. Dá se říct, že každý stroj je uzpůsoben specifickým podmínkám dle lokality tak, aby dosahovaný výkon byl co nejvyšší. Větrné elektrárny Taawin jsou samostartující, k roztočení rotoru není zapotřebí motorového režimu jako u jiných větších typů a proto nemají žádnou vlastní spotřebu elektrické energie. Taawin vyniká také jedinečným designem a svým vzhledem nemají na světě obdoby. [13]

Produkt:

Větrná elektrárna Taawin –Roswell (viz obr. 3-2)

Tato větrná elektrárna má po obvodě rotujícího kotouče hnaného větrem nastavitelné klapky podobné žraločím žábřám, (pracovní název stroje ve vývoji příznačně zní Shark Gills), které se na polovině povrchu nastavují proti větru. V momentě, kdy se do klapky opře vítr a kotouč se pootočí, dostanou se klapky do závětrné strany a levitující vačkový mechanismus uvnitř kotouče klapky zasune do povrchu kotouče, který se dál otáčí proti větru bez odporu vzduchu, (viz obr. 3-2). Na návětrné straně se klapky opět zvednou a jsou připraveny na další

nápor větru a k přeměně jeho kinetické energie v elektrickou. Na rozdíl od vrtulových elektráren je chod větrné elektrárny Taawin –Roswell zcela bezhlučný. Výkon jednoho kotouče závisí na rychlosti větru a v průměru je 10 kW. Na stožár se dá namontovat několik kotoučů pod sebe a výkon zvednout až na 30 kW. Vzhledem ke tvaru a bezhlučnému provozu se dají tyto elektrárny postavit do těsné blízkosti domů nebo přímo do měst. Výkon elektrárny 10 - 30 kW je postačující na spotřebu elektrické energie rodinného domu nebo k pohonu technologie v soukromé i komerční sféře.[15]



obr. 3-2 Větrná elektrárna Roswell [15]

Hmotnost celková: 4000 kg

Počáteční provozní rychlost větru: 2 m/s

Maximální rychlost větru: neomezená

Špičkový výkon 15 kW: při rychlostech větru nad 16 m/s

Předpokládaná životnost: > 20 roků

Prodejní cena včetně příslušenství: 1,990 mil. Kč vč. DPH 20 %

Průměr talíře (UFO): 5 m

Výška celková: 14/20 m

Maximální otáčky: 180 ot./min

3.3 *BohemiaWind*

Firma BohemiaWind s.r.o. vlastní technologii výroby na malé větrné elektrárny do 30kW. Dle údajů výrobce a následného průzkumu trhu se jedná o nejmodernější technologii, která využívá pomaloběžný systém generátorů s permanentními magnety a byla do České republiky přivezena na základě transferu technologií v rámci EU pod záštitou Technologického centra Akademie věd. Tento systém nemá žádné převodové ústrojí, které je zdrojem ztrát výkonu, poruch a hluku. Mimo jiné zaručuje velmi vysokou spolehlivost a dlouhou životnost VTE (20 – 30 let). Výhodou výstavby těchto VTE je také relativní snadnost a nízké náklady na stavbu. [17]

Produkt:

Větrná elektrárna BW7,5 a BW20 (viz obr. 3-3)

Model BW 7,5 a vyšší jsou malé a střední větrné elektrárny, které nacházejí uplatnění zejména v dodávkách do rozvodné sítě. Lze je použít také jako nezávislý zdroj elektrické energie či k ohřevu TUV. BW 20 jsou vhodné k realizaci větrných farem, kde dosahují vynikající poměr pořizovacích nákladů a návratnosti.



obr. 3-3 Větrná elektrárna BohemiaWind [17]

3.4 Strojexport Trade Praha, a.s.

Strojexport Trade Praha a.s. působí v oblasti energetiky na tuzemském trhu od roku 1993. Původně byla založena jako dceřiná společnost s ručením omezeným podniku Strojexport a.s. Během své existence realizačně participovala na mnoha významných projektech. Například na výstavbě fluidních kotlů v elektrárně Hodonín v konsorciu s Austrian Energy & Environment a Škoda Praha a.s., na odsíření v Teplárně Strakonice, na výstavbě Míchacího centra fluidních popelů v Elektrárně Ledvice a také na dopravě a zpracování fluidních popelů v Elektrárně Poříčí. V roce 1997 se společnost transformovala na akciovou společnost bez majetkové spoluúčasti Strojexportu a.s. [19]

Produkt:

Malá větrná elektrárna WT8000 (viz obr. 3-4)

Větrná elektrárna WT8000 je určena pro autonomní (ostrovní) provoz s využitím akumulátorů a měničů. WT8000 – 8 kW je pomaloběžný stroj s planetovou převodovkou a synchronním generátorem PMG na výrobu elektrického proudu. WT8000 je určena pro prostředí, kde není přípojka veřejné rozvodné sítě, nebo jako doplňkový zdroj elektrické energie pro spotřebiče bez nároků na stabilitu napětí a kmitočtu zdroje, např. topení a ohřev TUV, elektromotory, čerpadla. Pro spotřebiče s nárokem na stabilitu napětí a kmitočtu je nutné použít měnič. WT8000 je bezobslužné zařízení s plně automatickým provozem. Provoz je zajišťován regulační hlavou rotoru vrtule. Zařízení je opatřeno bezpečnostní a parkovací motorovou brzdou. WT8000 je konstrukčně řešena dle EN 61400 na zatěžovací třídu IEC I v klasickém uspořádání s vodorovnou osou rotoru.

Malá větrná elektrárna WT50SC

WT50SC – 55 kW je pomaloběžný stroj s planetovou převodovkou a asynchronním generátorem na výrobu elektrického proudu. Rotor vrtule má průměr 13,5 m a stroj je vybaven elektronickým systémem SIEMENS SINAMICS, pomocí kterého může pracovat s variabilním počtem otáček v rozmezí 30 až 75 ot/min. WT50SC je určena pro paralelní zapojení do stávajícího rozvodu 230/400 V 50 Hz mezi vlastní elektroměr a spotřebiče pro vlastní spotřebu s možností prodeje přebytků do veřejné rozvodné sítě nebo k odprodeji veškeré výroby do sítě nízkého nebo vysokého napětí. WT50SC je bezobslužné zařízení s plně automatickým provozem s možností nepřetržitého dálkového dozoru. Provoz je zajišťován řídicí jednotkou SIEMENS SIMOTION s rekuperačním měničem typu SIEMENS SINAMICS. Zařízení je

opatřeno provozní elektronickou brzdou SIEMENS SINAMICS, bezpečnostní a parkovací elektromagnetickou brzdou a motorovým pohonem otočení gondoly. WT50SC je konstrukčně řešena dle EN 61400 na zatěžovací třídu IEC I v klasickém uspořádání s vodorovnou osou rotoru. [19]



obr. 3-4 Větrná elektrárna Strojexport Trade Praha, a.s [19]

4 Investice a návratnost větrné elektrárny

Výkupní cena energie (pro letošní rok 2,23 Kč/kWh) je nastavena tak, aby garantovala investorovi návratnost do cca 15 let. Konkrétní doba návratnosti je pak při daných investičních nákladech ovlivněna především roční průměrnou rychlostí větru na lokalitě a také použitou technologií, kdy v ČR nově stavěné moderní stroje s většími rotory a vyššími stožáry dosahují dle údajů ERÚ průměrné roční využitelnosti 26 %.

Náklady spojené s výstavbou větrné elektrárny představují nejen nákup stroje, ale také projekční a schvalovací aktivity, náklady spojené se zajištěním pozemků, stavební práce a vyvedení výkonu do sítě. Nutno je i počítat s náklady na údržbu a příspěvky obcím. Celkové náklady na postavení jedné větrné elektrárny se mohou pohybovat v rozmezí 35 až 40 milionů Kč za instalovaný megawatt výkonu v závislosti na celkovém počtu strojů, rozsahu úprav přístupových komunikací, vzdálenosti a provedení elektrické přípojky. Cena instalovaného megawatt výkonu v uhelné elektrárně se pohybuje kolem 45 milionů Kč, v jaderné kolem 70 milionů Kč. Finančně nejnáročnější je stavba fotovoltaické elektrárny za 110 mil. Kč/MW.

Někdy se také tvrdí, že konstrukce a stavba větrné elektrárny spotřebuje tolik energie, kolik nedokáže vyrobit ani za několik let. Není to pravda. Měření ukázala, že energetická návratnost elektrárny (tedy doba, za kterou větrná turbína vyrobí tolik energie, kolik bylo potřeba na její výrobu) se podle typu stroje a větrného potenciálu místa pohybuje od tří do šesti měsíců. [25, 26]

4.1 Zelený bonus

Podpora formou zeleného bonusu se získává v případě, kdy část elektřiny z vlastní větrné elektrárny majitel spotřebuje a přebytek odprodá provozovateli přenosové soustavy. Zelený bonus se získává za veškerou vyrobenou energii, tedy i tu majitelem spotřebovanou. S vyrobenou energií se může různě nakládat. Odběratelé kteří ji od majitele odkoupí si majitel musí sehnat sám. Za spotřebovanou elektřinu se již dodavateli neplatí.

Výše zeleného bonusu je pro rok 2011 stanovena na 1,83 Kč/kWh.

Výhody

- Neplatí se spotřebovaná elektřina.
- Není třeba zřizovat novou přípojku, protože větrná elektrárna se připojí ke stávajícímu rozvodu.

- Finančně je tento způsob nejvýhodnější, protože k zisku 1,83 Kč/kWh je třeba ještě připočíst cenu, která by se dodavateli zaplatila za odebranou energii, tedy přibližně 4 Kč/kWh.

Nevýhody

- Zelený bonus za 1 kWh je oproti garantované výkupní ceně o cca korunu nižší.
- Je třeba si samostatně najít odběratele přebytečné energie.
- Ačkoliv zelený bonus může přinést největší zisk, zahrnuje také riziko, že se vám veškerou přebytečnou energii z VTE nemusí podařit prodat.

4.2 Výkupní cena

Podpora garantované výkupní ceny, provozovatel regionální distribuční soustavy (nebo provozovatel přenosové soustavy) má ze zákona povinnost od vás odkoupit veškerou elektrickou energii, kterou vaše větrná elektrárna vyrobí. Vy si však i nadále platíte za všechnu odebranou energii.

Výše výkupní ceny je pro rok 2011 stanovena ve výši 2,23 Kč/kWh.

Výhody

- Zajištěný odbyt energie.
- Vyšší výkupní cena elektřiny.

Nevýhody

- Nutnost i nadále platit za odebranou elektřinu.

4.3 Zelený bonus versus výkupní cena

Oba druhy podpory mají svá specifika a jsou výhodné pro jiné subjekty. Zelený bonus je přibližně o 1 Kč/ kWh nižší než výkupní cena (viz tab. 4-1) a je vhodný v případě, kdy jste schopni alespoň část z vyrobené elektřiny sami spotřebovat. Čím větší spotřebu máte, tím je pro vás zelený bonus výhodnější, protože za odebranou elektřinu už nic neplatíte. Ideální je tedy pro objekty, které mají vyšší spotřebu elektrické energie v létě, například pro domy s klimatizací. Důležitá je i cena, kterou za elektřinu platíte – obecně lze říci, že čím dražší elektřina, tím více se vyplatí zelený bonus.

Oproti tomu podpora formou výkupní ceny je vhodná zejména při nižší spotřebě elektřiny, například u velkých projektů. Ideální jsou také objekty, v nichž spotřeba energie přes léto klesá, nebo které kupují energii levně.

Zdroj	Výkupní ceny (Kč/kWh)	Zelené bonusy (Kč/kWh)
Fotovoltaická elektrárna	7,5	6,5
Malá vodní elektrárna	3	2,03
Biomasa	4,58	3,61
Větrná energie	2,23	1,83
Bioplynové stanice AF1	4,12	3,15

tab. 4-1 Výkupní ceny a zelené bonusy pro rok 2011

[28]

4.4 Změna formy podpory

Pokud zjistíte, že vám vybraná forma podpory už nevyhovuje, můžete ji jednou ročně změnit ze zeleného bonusu na výkupní cenu nebo naopak. Při přechodu z jednoho typu podpory na druhý zůstáváte stále ve stejné kategorii, která závisí na datu uvedení větrné elektrárny do provozu.

Změnu je nutné nahlásit nejpozději do 30. listopadu příslušného kalendářního roku a bude platná od 1. ledna následujícího roku.

Kombinovat zelený bonus s garantovanou výkupní cenou není možné.

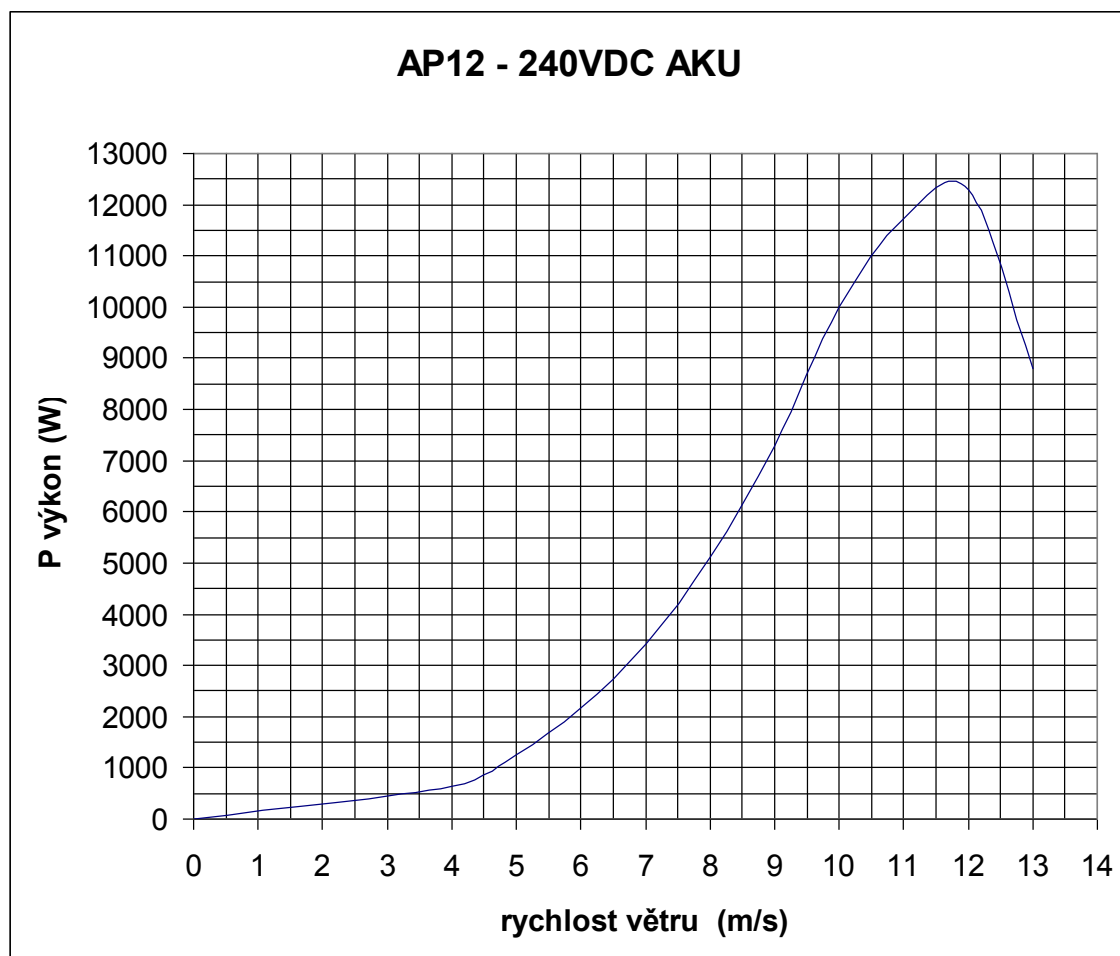
4.5 Hodnota výkupní ceny a zeleného bonusu

Zelené bonusy i výkupní ceny podléhají státní regulaci, a proto nemůže dojít k výrazným výkyvům jejich hodnoty. Ta je vázána na tržní cenu elektřiny. V případě, že cena elektrické energie vzroste, spolu s ní se zvedne i výše zeleného bonusu a výkupní ceny. Maximální nárůst obou příspěvků je pro větrné elektrárny uvedené do provozu před začátkem roku 2011 stanoven na 104 % výše platné pro předchozí kalendářní rok. Regulován je i případný pokles ceny - snížení zeleného bonusu a výkupní ceny je možné maximálně na 95 % ceny stanovené pro předchozí rok.

Na větrné elektrárny uvedené do provozu v roce 2011 a později, se již vztahuje novela zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, která umožňuje meziročně snižovat výkupní ceny solární energie o více než pět procent. Lze proto předpokládat, že od příštího roku budou výkyvy ve výkupních cenách větší a pro zřizovatele větrných elektráren méně výhodné. [29]

4.6 Technicko-ekonomické parametry větrné elektrárny AP12

Podmínkou pro vyhodnocení výkonových parametrů a posouzení vložených finančních prostředků je nutné vycházet z výkonové křivky stanovené pro dané zařízení. Tato výkonová křivka umožňuje odečítat příslušné hodnoty elektrického výkonu v souvislosti s měnícími se hodnotami rychlosti větru. Výkonová křivka pro hodnocený typ větrné elektrárny AP12 je znázorněna viz graf 4-1.



graf 4-1 Výkonová křivka AP12 [37]

Výpočet návratnosti VTE AP12:

Měsíc	Průměrná rychlost větru v 10m (m/s)	Odečet hodnot z výkonové křivky AP12 (kW)	Průměrný výkon za měsíc (kWh)	Výnos za měsíc pro výkupní ceny (Kč)	Výnos za měsíc pro zelený bonus (Kč)
Leden	6,49	2,75	2046	4767	3744
Únor	7,78	4,73	3179	7406	5817
Březen	6,31	2,65	1972	4594	3608
Duben	5,86	2,1	1512	3523	2767
Květen	5,9	2,12	1577	3675	2886
Červen	5,47	1,7	1224	2852	2240
Červenec	5,28	1,45	1079	2514	1974
Srpen	4,38	0,7	521	1213	953
Září	4,69	0,95	684	1594	1252
Říjen	5,24	1,42	1056	2462	1933
Listopad	5,87	2,11	1519	3540	2780
Prosinec	6,58	2,83	2106	4906	3853
Celkem			18474	43045	33808

tab. 4-2 Návratnost VTE AP12

Množství vyrobené energie za měsíc:

$$W_m = P_m \cdot t_d \cdot t_h = 2,75 \cdot 31 \cdot 24 = 2046 \text{ kWh}$$

P_m – průměrný měsíční výkon

t_d – počet dní v měsíci

t_h – počet hodin

Množství vyrobené energie za rok:

$$W_r = \sum W_m = 18474 \text{ kWh}$$

W_r – vyrobená energie za rok

W_m – vyrobená energie za měsíc

Koeficient ročního využití instalovaného výkonu: poměr mezi skutečným a teoretickým množstvím elektřiny vyrobené za předpokladu, že by elektrárna pracovala s jmenovitým výkonem 8760 hodin v roce.

$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} = \frac{18474}{12 \cdot 8760} = 0,175 = 17,5\%$$

k_r – koeficient ročního využití instalovaného výkonu

W_r – vyrobená energie za rok

P_i – instalovaný výkon

Průměrný roční výkon: hodnotí celoroční uplatnění instalovaných motorů ve výrobě elektrické energie.

$$P_r = \frac{W_r}{8760} = k_r \cdot P_i = 0,175 \cdot 12 \cdot 10^3 = 2,1 kW$$

P_r – průměrný roční výkon

W_r – vyrobená energie za rok

k_r – koeficient ročního využití instalovaného výkonu

P_i – instalovaný výkon

Výkupní cena:

Výnos za měsíc:

$$V_m = W_m \cdot C_v = 2046 \cdot 2,33 = 4767,2 \text{ kWh}$$

V_m – výnos za měsíc

W_m – vyrobená energie za měsíc

C_v – výkupní cena za 1 kWh

Výnos za rok:

$$V_r = \sum V_m = 43045 \text{ kWh}$$

V_r – výnos za rok

V_m – výnos za měsíc

Doba návratnosti:

$$T_N = \frac{1,258 \cdot 10^6}{V_r} = \frac{1,258 \cdot 10^6}{43045} = 29,23 \text{ let}$$

T_N – doba návratnosti

C_i – investiční náklady

V_r – výnos za rok

Zelený bonus:

Výnos za měsíc:

$$V_m = W_m \cdot C_v = 2046 \cdot 1,83 = 3744,18 \text{ kWh}$$

V_m – výnos za měsíc

W_m – vyrobená energie za měsíc

C_v – výkupní cena za 1kWh

Výnos za rok:

$$V_r = \sum V_m = 33808 \text{ kWh}$$

V_r – výnos za rok

V_m – výnos za měsíc

Doba návratnosti:

$$T_N = \frac{1,258 \cdot 10^6}{V_r} = \frac{1,258 \cdot 10^6}{33808} = 37,21 \text{ let}$$

T_N – doba návratnosti

C_i – investiční náklady

V_r – výnos za rok

[27]

Při porovnání výkupní ceny energie a zeleného bonusu jsem došel k závěru, že návratnost investic u výkupní ceny je 29,23 let a u zeleného bonusu 37,21 let. Z toho vyplývá, že výkupní cena energie je ekonomicky výhodnější pro vlastníka elektrárny, který sám žádnou energii nespotřebovává.

5 Závěr

Ve své bakalářské práci se zabývám perspektivním zdrojem výroby elektrické energie s minimální zátěží na životní prostředí. Na základě nařízení Komise Evropské unie má každý členský stát Evropské unie postupně navyšovat podíl vyrobených energií z alternativních nefosilních zdrojů. Proto vláda České republiky přistoupila v zájmu urychlení rozvoje tohoto segmentu hospodářství k subvencování instalací výrobních zařízení energie z alternativních zdrojů, mimo jiné i větrné elektrárny. Cílem vládního rozhodnutí bylo získat pozornost podnikatelských subjektů k vkládání svých investičních prostředků za účelem výstavby mimo jiné i větrných elektráren.

I když výpočty jsem při vyhodnocení instalované větrné elektrárny dospěl k poměrně dlouhé době návratnosti, jde přesto o soustrojí, které vyrábí tzv. čistou elektrickou energii s nepatrnými provozními náklady z nevyčerpatelného zdroje. Je to zařízení, jehož provozem nevznikají žádné škodlivé emise, a tudíž neznečišťují ovzduší, a také vzhledem k tomu, že k provozu nepotřebují vodu ji taktéž neznečišťují. Je nutné ovšem brát v úvahu omezení zajišťující ochranu ornitofauny. Taktéž je potřeba brát zřetel na krajinný ráz. Jak vyplývá z celé řady geoklimatických prognóz, budou tyto zdroje, v souvislosti s klimatickými změnami souvisejícími s celkovým oteplováním planety, sílit. Proto není vyloučeno i možné postupné zkracování návratnosti investovaných finančních prostředků na výstavbu hodnoceného zařízení v reakci na zvyšujících se pohybech vzdušných mas.

Za úvahu v zájmu zvyšování ekonomické výnosnosti stojí i systematické zařazení výkonu větrné elektrárny do energetických potřeb provozovatele. Slunce a vítr jsou zdroje energie působící zpravidla ve vzájemné interakci, která umožňuje splnit požadavek na trvalejší provoz zařízení využívajících tyto druhy energie. To znamená, že slunce většinou svítí během období s nízkou rychlostí větru a naopak. Pokud to charakter využití elektrické energie vyžaduje, je nutno celý systém zálohovat připojením k veřejné elektrické síti, a nebo technické vybavení k výrobě elektrické energie doplnit o elektrický generátor, poháněný vznětovým či zážehovým spalovacím motorem.

Průzkumem trhu v segmentu výrobců a dodavatelů zařízení pro výstavbu a provoz větrných elektráren jsem zjistil velkou rozmanitost v technickém řešení tohoto problému. Spočívající například v uložení rotoru, využití aerodynamického principu a výroby elektrické energie dle typu generátoru. Tento způsob využití větrné energie, ač má velmi dlouhou historii, prochází v současné době bouřlivým vývojem, a takřka denně přichází s dalšími inovativními řešeními. Z tohoto důvodu mám za to, že při zvažování nové výstavby tohoto druhu zařízení je nezbytné provést pečlivé a odborně auditované výběrové řízení, s cílem nalézt nejoptimálnější

variantu technického provedení, rovněž i variantu nejefektivnější volby provozního režimu větrné elektrárny. Cílem tohoto postupu je nalezení vyváženosti mezi instalovaným výkonem a investičními prostředky nutnými k výstavbě tohoto perspektivního zdroje elektrické energie.

V globálním pohledu je ovšem nutno vzít i v potaz bezpečnost rozvodných sítí v souvislosti s vyvážeností celé energetické soustavy při výrobě a distribuci elektrické energie. Přestože mi to téma bakalářské práce neukládá, považuji za nutné na tuto problematiku upozornit. Se vzrůstajícím objemem podílu výroby elektrické energie, zejména z energie slunečního záření a větrné energie, bude stále náročnější vzhledem k poměrně vysoké proměnlivosti výrobních podmínek sladit výrobu se spotřebou elektrické energie. Proto je nezbytné hledat cesty tuto energii akumulovat.

Použitá literatura

- [1] Rychetník V., Janoušek J., Pavelka J.: Větrné motory a elektrárny, vydavatelství ČVUT, Praha 1997, 199 stran, ISBN 80-01-01563-7
- [2] Cetkovský S., Frantál B., Štekl J.: Větrná energie v české republice, ústav geoniky Akademie věd ČR, v.v.i, Brno 2010. 208 stran. ISBN 978-80-86407-84-5
- [3] www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm
- [4] Uwe Hallenga: Malá větrná elektrárna: Návod ke stavbě, HEL 1998, 63 stran, ISBN 80-86167-00-3
- [5] Kolektiv autorů: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, ČEZ, a.s., Praha 2007, ISBN 987-80-239-8823-9
- [6] Kolektiv autorů: Obnovitelné zdroje energie, Informační příručka pro každého, Ostrava 2003, ISBN 80-903373-1-7
- [7] Eva Žalmanová: Větrné elektrárny a krajina, Brno 2006, ISBN 80-7375-003-1
- [8] Jan Galgánek, Dokumentace k záměru - Větrný park Horní Loděnice, 2005
- [9] Hnutí DUHA a Sdružení Calla, Větrná elektrárna mýty a fakta, Brno 2004, ISBN 80-86834-093
- [10] Autorský kolektiv Ústavu územního rozvoje a odboru územního plánování MMR, Stavby a zařízení pro výrobu energie z vybraných obnovitelných zdrojů – Metodický pokyn, Brno 2008
- [11] Ing. Aleš Calábek, Oznámení záměru - VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA OSTRUŽNÁ, 2008
- [12] <http://www.phonosolar.cz/phonosolar/faq/caste-otazky-vetrna-energie/#faq-1794-co-je-to-ostrovni-system>
- [13] Beranovský Jiří, Truxa Jan, Alternativní zdroje pro váš dům, Brno 2003, ISBN 80-86517-59-4
- [14] <http://www.vetrne-elektrarny.eu/home>
- [15] <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vetrne-elektrarny-taawin/>
- [16] <http://www.rensol.cz/produkty/ostrovni-systemy/>
- [17] <http://www.web-recenze.cz/recenze/prumysl-zemedelstvi-vyroba/3658.htm>
- [18] <http://www.aresico.com/cz/m/deleni-vetrnych-elektren-dle-vykonu/>
- [19] http://www.strojexport-trade.cz/vetrne_elektrarny-WT_8000.php
- [20] http://cs.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_stupnice
- [21] <http://www.aresico.com/cz/m/struktura-vetrne-elektrarny/>
- [22] <http://www.ueen.feec.vutbr.cz/cz/index.php/laboratore/vtesavonius>

- [23] http://www.svetfyziky.souepl.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=100:vetrna-energie&catid=48:obnovitelne-zdroje&Itemid=76
- [24] <http://www.enviweb.cz/clanek/energie/79312/vetrne-elektrarny>
- [25] <http://www.cez.cz>
- [26] <http://www.pro-vetniky.cz/cs/fakta-o-vetrnych-elektrarnach/investice-a-navratnost-ve.html>
- [27] Vladimír Křenek, Člověk a energie, Západočeská universita v Plzni 2006, 191 stran, ISBN 80-7043-489-9
- [28] <http://www.tzb-info.cz/vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>
- [29] <http://www.zeleny-bonus.eu/statni-podpora/>
- [30] <http://www.mapa-ve.wz.cz/>
- [31] <http://www.kea-olomouc.cz/index.php?ca=zdroje&ar=05>
- [32] http://www.wodagreen.com/index.php?main_page=product_info&cPath=13&products_id=14
- [33] Diplomová práce, Větrné elektrárny, Jana Fojtíková, MASARYKOVA UNIVERZITA, PEDAGOGICKÁ FAKULTA, Katedra technické a informační výchovy, Brno 2008
- [34] <http://www.meteo-sykora.cz/produkty/rucni-anemometr.php>
- [35] <http://feelthephoton.blogspot.com/>
- [36] <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/off-grid/>
- [37] Materiály firmy Aerplast